

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP04/018360

International filing date: 09 December 2004 (09.12.2004)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2003-411441
Filing date: 10 December 2003 (10.12.2003)

Date of receipt at the International Bureau: 10 February 2005 (10.02.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

15.12.2004

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 1 2 月 1 0 日
Date of Application:

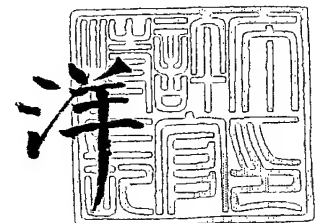
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 4 1 1 4 4 1
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 3 - 4 1 1 4 4 1]

出 願 人 松 下 電 器 産 業 株 式 会 社
Applicant(s):

2 0 0 5 年 1 月 2 7 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川



【書類名】 特許願
【整理番号】 2032450306
【提出日】 平成15年12月10日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 G02F 1/37
【発明者】
 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
 【氏名】 杉田 知也
【発明者】
 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
 【氏名】 水内 公典
【発明者】
 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
 【氏名】 笠澄 研一
【発明者】
 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
 【氏名】 森川 顕洋
【発明者】
 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
 【氏名】 山本 和久
【特許出願人】
 【識別番号】 000005821
 【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100097445
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 岩橋 文雄
【選任した代理人】
 【識別番号】 100103355
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 坂口 智康
【選任した代理人】
 【識別番号】 100109667
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 内藤 浩樹
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 011305
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 9809938

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

複数の半導体レーザと、導波管とを具備し、前記導波管内もしくは前記導波管と接する位置に前記半導体レーザが配置され、前記半導体レーザからの出射光が、前記導波管の片方の端面もしくは中間から前記導波管に入射され、前記導波管の前記端面と異なる端面から出射されることを特徴とするレーザ光源。

【請求項 2】

前記半導体レーザは、前記半導体レーザの出射光の広がり角の小さい方向に並べて配置することを特徴とする請求項 1 に記載のレーザ光源。

【請求項 3】

前記導波管の光出射端面から最も近いレーザ光入射端面までの長さ L が、前記導波管の幅を W 、前記導波管内部の屈折率を n 、前記半導体レーザの有する最小のビーム広がり角度を θ とした場合に、 $L \geq W / \tan(\sin^{-1}(\sin(\theta/2)/n))$ であることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載のレーザ光源。

【請求項 4】

前記半導体レーザの位置が、他の前記半導体レーザの位置に対して光の出射方向にずれていることを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれかに記載のレーザ光源。

【請求項 5】

前記導波管の断面積が、光の出射方向に対して階段状に変化しており、前記半導体レーザからの出射光が、前記導波管の前記階段状に加工された段差部分から入射されることを特徴とする請求項 4 に記載のレーザ光源。

【請求項 6】

少なくとも 2 つの前記半導体レーザの発振波長が互いに異なり、前記発振波長が最も離れている前記半導体レーザどうしの発振波長差 A (A は実数) が $A \geq 1 \text{ nm}$ であることを特徴とする請求項 1 から請求項 5 のいずれかに記載のレーザ光源。

【請求項 7】

前記半導体レーザの前記発振波長が、前記発振波長差 $A \text{ nm}$ の範囲で異なり、かつ隣接する任意の前記半導体レーザの発振波長間隔が $(A/2) \text{ nm}$ 以下であることを特徴とする請求項 6 に記載のレーザ光源。

【請求項 8】

前記発振波長差 A が、 $A \leq 30 \text{ nm}$ であることを特徴とする請求項 6 または請求項 7 に記載のレーザ光源。

【請求項 9】

前記半導体レーザの出力光強度が、ほぼ均一であることを特徴とする請求項 1 から請求項 8 のいずれかに記載のレーザ光源。

【請求項 10】

前記半導体レーザが、マルチストライプレーザで構成されるマルチストライプレーザアレイであることを特徴とする請求項 1 から請求項 9 のいずれかに記載のレーザ光源。

【請求項 11】

前記半導体レーザが、マルチスタックレーザからなるマルチスタックレーザアレイであることを特徴とする請求項 1 から請求項 9 のいずれかに記載のレーザ光源。

【請求項 12】

前記半導体レーザが、複数の半導体レーザを一行に並べたレーザアレイであることを特徴とする請求項 1 から請求項 11 のいずれかに記載のレーザ光源。

【請求項 13】

前記導波管が中空構造のセルであり、かつ前記中空部内に液体が封入されていることを特徴とする請求項 1 から請求項 12 のいずれかに記載のレーザ光源。

【請求項 14】

前記構成に加え、前記導波管に接続された前記導波管の前記液体を循環させる冷却機構を具備し、前記レーザアレイの冷却を行うことを特徴とする請求項 13 に記載のレーザ光

源。

【請求項 1 5】

少なくとも請求項 1 から請求項 1 4 のいずれかに記載のレーザ光源と、空間光変調手段とを具備し、前記レーザ光源からの光を前記空間光変調手段に照明する照明光学系を有することを特徴とする 2 次元画像形成装置。

【請求項 1 6】

前記構成に加え、投射光学系を具備し、前記空間光変調手段からの出力光を前記投射光学系により投射することを特徴とする請求項 1 5 に記載の 2 次元画像形成装置。

【書類名】明細書

【発明の名称】レーザ光源および2次元画像形成装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、高出力かつ均一な出射光強度分布を有するレーザ光源に関するものである。
また、上記レーザ光源を用いた2次元画像形成装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

高出力光源は、半導体露光装置や画像表示装置、照明装置など幅広い用途があり、研究開発が進められている。特に高出力レーザを用いた光源はその単色性を生かして、例えばRGB三原色の高出力レーザを用いたレーザディスプレイによる高色純度鮮明画像への応用が模索されている。また、レーザ加工による微細形状加工も実用化されつつある。また、小型で高出力のレーザ光源は低消費電力かつ長寿命な照明用光源としての実現が期待されている。

【特許文献1】特開平07-306304号公報

【特許文献2】特許第3410813号公報

【特許文献3】特開2002-40327号公報

【特許文献4】特開2003-57514号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

しかしながら、これら高出力レーザ光源を用いたアプリケーションには均一強度分布に対する要求が大きく、従来方法では、例えば特許文献1や特許文献2に示されるようなホモジナイザと呼ばれる光量均一化デバイスや光学系、あるいは特許文献3や特許文献4のようなインテグレータと呼ばれる光学デバイスを用いて、レーザから出射されるガウシアン強度分布を成形していた。しかしながら、上記デバイスや光学系に入射する光断面積を適当に拡げておく必要があるため、光源を含む光学系が複雑化し非常に大きくなるという課題があった。また特許文献4に示されるようなロッドインテグレータは、その機能から光伝搬方向に対するインテグレータ自体の長さが大きくなるという課題があった。また特に、光源として干渉性の高いレーザ光源を用いた場合には、上記特許文献1から特許文献4で示された光量均一化デバイスから出射される光はスペckルノイズと呼ばれるレーザ光特有の微細な干渉パターンを有しており、例えば出射光を画像表示装置や照明装置などに使用するためには別途スペckルノイズ除去手段が必要となるという課題があった。

【課題を解決するための手段】

【0004】

上記課題を解決するため、本発明は、複数の半導体レーザと、導波管とを備え、導波管内もしくは導波管と接する位置に半導体レーザが配置され、半導体レーザからの出射光が、導波管の片方の端面もしくは中間から導波管内に入射され、入射端面と異なる導波管端面から出射されることを特徴とするレーザ光源である。また、上記レーザ光源と空間光変調手段とを備えた照明光学系および2次元画像形成装置である。

【発明の効果】

【0005】

本発明において、均一な出射光強度分布を有する小型高出力レーザ光源が実現できるという効果がある。また特に、レーザ光源を構成する半導体レーザの出力波長を特定の波長範囲内で適当な間隔で分布させることにより、干渉性の高いレーザ光源において発生するスペckルノイズを低減できるという効果がある。また、導波管に中空のセルを採用しセル内に適当な液体または気体を封入することにより、同様にスペckルノイズを低減できるという効果がある。また、上記中空セルと接続された冷却装置を用い、セル内の液体を循環させることにより、高出力レーザおよび導波管を効率よく冷却することができ、光源出力の安定化と長寿命化を達成するという効果がある。

【発明を実施するための最良の形態】

【0006】

以下、本発明の実施の形態について、図を用いて説明する。

【0007】

(実施の形態1)

レーザ光源の研究・開発は目覚ましく、半導体レーザに代表される小型高出力レーザも実用化が進んでいる。出力波長は限定されるものの、半導体レーザでは例えばマルチモード半導体レーザで数Wクラスの出力を達成しているものもある。これまで、レーザ光源の用途は計測、光通信、光ディスク等、レーザ光の集光特性やコヒーレンスの高さを利用したものが主流であった。一方、レーザ光源の小型化・高出力化に伴い、アプリケーションの開拓や装置の開発も活発化してきており、画像表示装置、照明装置、半導体露光装置などへのレーザ光源の応用が期待されている。しかしながら、これらの用途においてはレーザ光の単色性と高出力特性を利用するのに加えて、さらに均一な断面強度分布を実現することが不可欠なものが多い。この要求を満たす手法として例えばレーザ光源からの出力光をコリメートし、ある程度の大きさに拡大した後、レンズやフィルターを組み合わせた光インテグレータやホモジナイザと呼ばれる光学素子や光学系を通してビーム成形し、ほぼ均一な光強度分布を得て利用していた。このとき例えばビームの外周部を切り取るようになるため、レーザ出力光を十分使用することができなかった。また上記手法に用いる光学系は複雑かつ大規模になるため小型装置の実現が困難であるという課題があった。そこで我々は、本発明において小型で高出力の強度均一化レーザ光源を達成する方法を提案し、その実用性を検証した。

【0008】

まず、半導体レーザと導波管を用いて高出力かつ出射光の断面強度分布の均一化が可能である点について説明する。図1において、1は半導体レーザ、2は半導体レーザ1を一行に配置したレーザアレイ、3はガラス材料からなる導波管、4は導波管3からの出射光である。なお、導波管3のうち、半導体レーザ1からのレーザ光が入射する面およびレーザ光出射端面を除く外周面には、導波管3への光閉じこめを効率よく行うために、例えばA1材料からなる金属膜などの反射膜が形成されているものとする。また、図中のX、Y、Zは便宜上の方向であり、Xを導波管の上下方向、Yを半導体レーザをアレイ状に並べる方向または導波管の左右方向、Zを導波管3内の光の伝搬方向とする。以下本構成における機能について説明する。レーザアレイ2を構成する半導体レーザ1から出射されたレーザ光は導波管3に結合入射される。結合入射されたレーザ光は導波管内で全反射を繰り返しながら伝搬し、出射光4となって導波管3から出射される。このとき、導波管3に入射されたレーザ光は、半導体レーザ1を出射する時点ではそれぞれガウシアン分布の断面光強度分布を持つが、多重反射しながら導波管内を伝搬していくと各半導体レーザ1から出射された複数のレーザ光が混合されることにより導波管3の断面（光の伝搬方向と垂直な面）で見た光強度分布は光入射端面から伝搬方向に遠ざかるに従い徐々に面内で均一化される。従って導波管3の光伝搬方向長さを適当な値に設定することにより出射端面に達するまでに均一な断面光強度を得ることができる。ここで、例えばごく一般的な半導体レーザ（AlGaAs系やAlGaInP系、GaN系など）では、出射光のアスペクト比および広がり角が異なり、垂直方向（図1においてはX方向）の広がり角が大きい。従って、例えば断面アスペクト比がほぼ1となる導波管を用いた場合、広がり角の大きい方向に対して断面強度分布を均一化するために必要な導波距離が短く、広がり角の小さい方向に対してはその距離を長くとる必要がある。そこで例えば図1で示すように、特に多数のレーザ光源を広がり角の小さい方向（Y方向）に並べて配置してレーザアレイ2を構成することにより、多数の光源から発振されたレーザ光をY方向に混合することが容易に可能となり、非常に短い距離で出射光4の断面光強度分布を均一化することができるということを見いだした。図2にはレーザアレイからの出力光強度分布が光の伝搬とともに混合される様子を模式的に示す（図1をX方向から見たときの上面図に対応する）。図2において5は半導体レーザ、6は半導体レーザ5を一行に配置したレーザアレイ、7は導波管で

ある。また図中のZは光の伝搬方向を示し、A-A'、B-B'、C-C'は導波管7の任意の断面での光強度分布を示す。なお、図2では簡単のため導波管7側面は設定していない(遠方にあると仮定する)。図2から容易に判るように、光の伝搬とともにレーザ光が混合され光強度分布が均一化される。ここで導波管7側面での光の反射は無視したが、例えば導波管7のY方向幅をレーザアレイ6の幅と同程度にすると、導波管7のY方向側面に達したレーザ光は上記側面で全反射されるため、光強度分布が側面で折り返される形となり光強度分布の混合はさらに複雑化し促進される。また、例えば図1に示すように、導波管3の上下2カ所に配置したレーザアレイ2を用いることにより、X方向の光混合もより簡単に行うことができ、例えば導波管3の上側のみにレーザアレイ2を配置した場合に比べて、導波管3の長さをさらに短くすることが可能となる。このように、高出力半導体レーザを多数配置したレーザアレイと導波管を用いることにより、光源としてのトータルの光出力強度を容易に大きくすることが可能である点も本発明のポイントのひとつである。本実施の形態で示したレーザアレイ2は半導体プロセスにより作製し、レーザ光の出射位置および隣り合う半導体レーザ1の間隔を容易に制御することができた。また導波管3には石英ガラスを用い、高精度機械加工と研磨プロセスを用いて図1に示すようにレーザアレイ2を配置できる形状に加工した。なお、上記加工はドライエッチングを用いて高精度に形成することも可能であった。この加工部分にレーザアレイ2を、例えば樹脂やハンダを用いて接着接合し、高出力かつ導波管3の出射端における光断面強度が均一化されたレーザ光源を実現することができた。また、レーザアレイ2を構成する半導体レーザ1の間隔および個数を制御することにより、導波管3の出射端面アスペクトおよび出射光強度を自由に設計可能であるという効果もあった。

【0009】

なお、本実施の形態においては、導波管3のレーザ光入出射端面以外の外周面に高反射膜を形成した場合について述べたが、導波管3が伝搬光に対して全反射条件を満たす形状である場合には上記高反射膜が無くても低損失光伝搬が可能であり、同様の効果が得られる。

【0010】

なお、本実施の形態においては、半導体レーザ1を一行に配置したレーザアレイを例に取り説明したが、複数の半導体レーザを、例えば等間隔に配置することにより、同様の高出力な出力光強度分布均一化光源が実現できる。

【0011】

なお、本発明の別の例として、レーザアレイをスタック状に配置し、より高出力の強度分布が均一化されたレーザ光源を実現することが可能であった。ここで、特に高出力半導体レーザおよびレーザアレイは出力安定性や寿命の観点から、レーザ光出射時の放熱が重要な問題となる。そこで我々は図3に示すように、レーザ出射面を光の出射方向にずらしてスタック状のレーザアレイの上下面が近接しない構造を用い、効率的に半導体レーザから発生する熱を除去することを考えた。図3において8は半導体レーザ、9は半導体レーザ8を一行に配置したレーザアレイ、10は導波管、11は導波管10の出射端面から出射されたレーザ光である。上記構成において導波管10の基本的な機能(出射光断面強度の均一化)は上述した図1に示した場合と同様であった。本構成のポイントは、高出力の半導体レーザ8からなるレーザアレイ9をできるだけ密に配置して高出力光源を構成する際の放熱機構にある。半導体レーザの放熱は、一般にシリコンサブマウント等の熱伝導性の高い材料を用いた基板に固定し、半導体レーザの活性層と平行な面において行われるのが効率的であると考えられる。従って、レーザアレイ9においても同様に、効率的な放熱を行うためにはレーザアレイ9のX方向表面において放熱するのがよい。このとき、スタック状に配置されたレーザアレイ9のレーザ光出射面がほぼ同一面内にある場合には放熱状態が悪くなり、発生した熱の効率的な排除が不可能となる。そこで、少なくとも隣り合うレーザアレイ9のレーザ出射端面位置を光の伝搬方向に対してずらすと、各レーザアレイ9のX方向表面が外部に露出し、冷却措置が取りやすくなるという利点があった。我々の実験においては、レーザアレイのZ方向長さ(一般的な高出力レーザでは数100 μ m

～数mm)分だけ上記ずらし量を取ることににより、最も効率よく、かつコンパクトな高出力光源が実現できた。

【0012】

なお、これまで説明してきたレーザ光源の構成においては、導波管のZ方向長さがデバイスの大きさを決定する主要因となるため、できるだけコンパクトなレーザ光源を実現する設計が必要となる。図4に導波管を伝搬する半導体レーザ光の伝搬光路を幾何光学的に示す。図4は最も簡単な場合として単一の半導体レーザと導波管を配置した場合の側断面図である。図4において、12は半導体レーザ、13は屈折率が n の透明材料からなる導波管である。また、図中の θ_1 は導波管13内でのレーザ光の広がり角であり光強度分布の半値全角で表される。またレーザ光広がり方向の導波管13の幅を W 、レーザ光入射端面から導波管13の出射端面までの長さを L とする。図4において導波管13に入射されたレーザ光は導波管13側面に達した光強度分布の一部が反射され、導波管13の出射端面までの領域では導波管13の側壁で折り返して重ね合わされた光強度分布が観測される。この状態を図5に模式的に示す。図5(a)は導波管が存在しない場合の自由空間中を伝搬するレーザ光の強度分布を、図5(b)は導波管の側壁で光強度分布が反射により折り返されたときの光強度分布の重なり状態を、図5(c)は実際に重ね合わされたときの光強度分布を示す。わかりやすさのため、図5(a)から図5(c)においては光の伝搬方向の任意の断面D-D'、E-E'、およびF-F'での光強度分布の様子を示している。図5(a)から図5(c)において、14は半導体レーザ、15は屈折率が n の透明材料からなる導波管である。また、図中の θ_2 は半導体レーザ14の広がり角度を、 θ_3 は屈折率 n の導波管15内でのレーザ光の広がり角を示す。図5(a)に示すように、自由空間中を伝搬する半導体レーザ14からの出射光は伝搬とともに広がり角 θ_2 で広がっていく。このとき、例えば本実施の形態で示すような導波管がなかった場合には、光強度は空間的な広がりが増大するがその強度分布は変化せず、ガウシアン分布型の強度分布を維持し続ける。ところが、側壁で全反射させるような導波管15が存在する場合には、屈折率が n の導波管15内に入射されるレーザ光の広がり角 θ_3 は $2 \times \sin^{-1} (\sin(\theta_2/2)/n)$ となる。ここで導波管15の幅を W とすると、入射した光ビームが $W / (2 \times \tan(\sin^{-1}(\sin(\theta_2/2)/n)))$ となる距離に達したときその光強度分布の一部が導波管15側壁により反射され始める。その後、反射される光強度分布は徐々に増大し、出射端面までの領域では導波管15の側壁がなかった場合の光強度分布を導波管15の幅 W に相当する部分で折り返して重ね合わせた光強度分布が観測される。このとき、反射により折り返された光強度分布と反射されていない光強度分布とが重ね合わせられた実際の断面光強度(図5(c)に示される)が、十分均一になるには例えば導波管15の長さを十分長く取り、全反射回数を多くする程良い。しかしながら、デバイス作製および使用の観点からすると、できるだけコンパクトなレーザ光源であることが望ましい。我々の検討においては、図4に示すように出射レーザ光の広がり角を θ_1 、レーザ光伝搬方向と垂直な方向の導波管13の幅を W 、レーザ光入射端面から導波管13の出射端面までの長さを L としたとき、少なくとも $L \geq W / \tan(\sin^{-1}(\sin(\theta_1/2)/n))$ の条件を満たしておれば、光強度分布が均一化されるということが判っている。

【0013】

なお、図6(a)に本実施の形態で示した2つのレーザアレイを導波管に上下面に配置した場合の側断面図を、図6(b)には本実施の形態の別の例として示した出射位置を光の伝搬方向にずらして導波管にスタック状に配置場合の側断面図を示す。簡単のため図4を用いて説明したが、考え方は図6(a)および図6(b)においても同様であり上記条件を満たす導波管長さを採用することによりよりコンパクトで高出力の光強度分布均一化光源が達成できた。またこのとき、図6(b)に示すように、導波管断面積が光の伝搬方向に対して階段状に変化していることにより、各半導体レーザからの入射レーザ光が導波管側面で全反射されるため、他の半導体レーザが陰になって光量の損失を生じることがない。従って導波管に入射されたレーザ光の光量のほとんどを導波管内に効率よく伝搬させ

ることができるという効果もあった。

【0014】

なお、本実施の形態で示してきたレーザアレイと導波管とを有する光強度分布均一化光源の高出力化を容易にする手段として、広く使用されているマルチストライプレーザやマルチスタックレーザ等を用いることもでき、同様の効果が得られている。

【0015】

なお、本発明の別の例として、レーザアレイを構成する半導体レーザの発振波長を制御することにより、レーザ光源特有のスペックルノイズを容易に除去できる点について説明する。スペックルノイズとは、例えばレーザ光源を用いてスクリーンに画像投影を行うような場合に、レーザ光がスクリーンで散乱される際にスクリーン上の各部分からの散乱光同士が干渉することによって生じる微細なムラ状のノイズである。このスペックルノイズを除去する方法として、これまでにスクリーンを振動させる方法や、拡散板を透過させてレーザ光に時空間的にランダムな位相を与える方法が採られてきた。しかしながら、スクリーンを振動させる方法ではスクリーンが固定できないという課題があり、また拡散板等を用いる方法では画像投影に用いられる光量が低下するといった課題があった。本発明のレーザ光源は、実施の形態1で示したようにレーザアレイと導波管とを用いて高出力かつ均一な断面光強度を達成するものである。本構成において、レーザアレイを構成する半導体レーザの発振波長を制御することで上記課題を解決することが可能となる。以下に上記のレーザ発振波長制御とその効果について説明する。上述したように、スペックルノイズは干渉性の高いレーザ光を用いたときに生じるものであり、スクリーン上での散乱光同士の干渉がその要因である。従って、光源からのレーザ光の位相を時間的、空間的にランダムに乱すことにより、各光源からのレーザ光により観測されるスペックルパターンを平均化しスペックルノイズ低減を行うことが可能である。我々は本発明のレーザアレイを用いた光源において出力波長が互いに異なる半導体レーザにより構成されたレーザアレイを用いてスペックルノイズ低減する方法を検討した。異なる波長の光源からは異なるスペックルパターンが得られるため、異なる波長を有する複数の半導体レーザを用いた場合には、最終的にスクリーンを観察したときに得られるスペックルパターンは各半導体レーザからのスペックルパターンの重ね合わせとなる。複数のスペックルパターンの空間的な平均化は、各スペックルパターンが独立して（相関無く）得られると効率よく行うことができる。上述のスクリーンを観察したときに見られるスペックルノイズは、スクリーン表面の凹凸各部における反射レーザ光の干渉が原因である。ここで、簡単な例として、発振波長の異なる2つの半導体レーザによるスペックルパターンについて考える。発振波長 λ_1 、 λ_2 の半導体レーザにおいて、凹部と凸部の反射光の位相差が1波長以上となるようにすれば、スクリーン上に照射したときに得られる λ_1 、 λ_2 それぞれのレーザ光によるスペックルパターンは互いに相関の少ない状態にすることができる。例えば λ_1 、 λ_2 ($\lambda_2 = \lambda_1 + \Delta\lambda$) という異なる波長を有する2つの半導体レーザを用い、ごく一般的な仮定として $100\text{ }\mu\text{m}$ の凹凸を有するスクリーンを照明した場合を考える。スクリーン表面の最も手前（凸部）で散乱・反射された λ_1 の光とスクリーン表面の最も奥（凹部）で反射された λ_2 の光の光路差が $(200/\lambda_2) \times \Delta\lambda \geq \lambda_1$ となれば良い。ここで、 $\lambda_2 = \lambda_1 + \Delta\lambda$ から、 $\lambda_2 = 470\text{ nm}$ （青色の可視光）とすると、 $\Delta\lambda \div 1.1 \times 10^{-3}\text{ }\mu\text{m} = 1.1\text{ nm}$ となる。従って、 λ_1 と λ_2 が1nm以上の発振波長差を有していれば、それぞれの半導体レーザが要因となって観測されるスペックルパターンの相関が小さくなり、結果としてスペックルパターンの平均化が行われる。

【0016】

なお、上記の空間的なスペックルパターンの平均化という観点からすると、効率的に平均化を行うために、レーザアレイを構成する半導体レーザの発振波長が例えば $A\text{ nm}$ (A は実数)の範囲で異なっているとしたときに、隣接する任意の半導体レーザの発振波長間隔が $(A/2)\text{ nm}$ 以下であることが望ましい。また、 N 個の半導体レーザによりレーザアレイが構成されている場合には、ほぼ $(A/N)\text{ nm}$ の間隔で発振波長が異なっている方がよい。また、上述した理由から、 $(A/N) > 1\text{ nm}$ とすることにより、さらに効果

的なスペックルノイズ低減が可能となる。また、各半導体レーザの出力強度はほぼ均一であることが望ましいが、最も出力が高いものを基準として他の半導体レーザが少なくとも50%以上の出力強度を有していれば、十分スペックルノイズ低減効果が得られるということを確認している。

【0017】

また、上記半導体レーザの発振波長範囲Aは30nm以下であるのが望ましい。これは本発明の高出力かつ断面光強度均一化光源を、例えば画像表示装置用のとして用いる場合に、スペックルノイズを低減する効果と、赤、青、緑、各色の色純度を高める効果を両立して得られるからである。

【0018】

なお、本発明の別の例として、導波管を中空構造からなるセルを用い、かつセル内部に、使用する半導体レーザの波長領域で透明な材質からなる液体を封入した場合にも、同様の断面光強度均一化が可能であった。本構造においては、例えば導波管とレーザアレイとを熱抵抗が小さい状態で接続接着することにより、半導体レーザで発生した熱を導波管に放熱することが可能であった。またセル内部の液体が対流することにより、放熱効率はさらに向上するという効果があった。また、上記中空セル構造の導波管に加え、導波管と直接接続された冷却機構を備え、中空セル内に充填した液体を循環させることによりレーザアレイの放熱・冷却効率を格段に向上できるという効果があった。

【0019】

(実施の形態2)

実施の形態1において、高出力かつ均一な出射光断面強度分布を有するレーザ光源の実現とその効果について述べた。本実施の形態では、上記レーザ光源を用いた照明光学系および、上記照明光学系を有する2次元画像形成装置について述べる。

【0020】

図7には、出射光断面強度分布を有するレーザ光源と空間光変調デバイスを用いた照明光学系の一例を示す。図7において16は半導体レーザ、17は導波管、18はレンズ、19は空間光変調デバイスである液晶パネル、20は導波路17から出射されたレーザ光、21は液晶パネル19を透過した後のレーザ光である。実施の形態1で述べたように、半導体レーザ16と導波管17により断面光強度分布が一様なレーザ光源が形成されており、半導体レーザ16から導波管17に入射されたレーザ光は導波管17を伝搬する間に断面光強度分布が均一化され、レーザ光20となる。さらに導波管17の出射端面の像(すなわちレーザ光20)は、レンズ18により液晶パネル19に拡大投影される。このとき、例えば導波管17の断面形状を液晶パネル19の形状と相似形にすることにより、レーザ光20の光量をほとんど損失することなく有効に液晶パネル19に照射することが可能となる。液晶パネル19に照射されたレーザ光20は、例えば液晶パネルに2次元画像信号を与えることにより、任意の強度分布を有する(すなわち2次元画像として表示される)レーザ光21に変調される。このような照明光学系を用いることにより、例えば背面投射型ディスプレイや、ヘッドマウントディスプレイのように、大小各種ディスプレイを実現することができる。また、空間光変調デバイスを透過したレーザ光を、適当な投影光学系を用いて例えばスクリーンに拡大投影することも可能である。図8には、上記照明光学系の構成に加えて、投影レンズを用いた拡大投影2次元画像形成装置の一例を示す。図8において、22は断面光強度が均一化されたレーザ光源と空間光変調デバイスを含む照明光学系、23は投影レンズ、24は照明光学系22を透過したレーザ光である。上述したように、照明光学系22において空間光変調デバイスに均一光強度分布で照明されたレーザ光は、空間光変調デバイスで任意の強度分布を持つレーザ光24に変調され、投影レンズ23によりスクリーン上に拡大投影される。本発明のレーザ光源を用いることにより、小型で高出力の断面光強度均一化レーザ光源が容易に達成されるため、小型で100インチサイズクラスの投影が可能なレーザプロジェクタの実現できる。また特に、実施の形態1で示した本発明のポイントの1つである、半導体レーザの発振波長制御によるスペックルノイズ低減が可能な構成を取ることで、光学部品点数の削減による装置全体の省

スペース化と低コスト化に有効である。

【0021】

なお、本実施の形態においては、単一の導波管からなる照明光学系について述べたが、例えば半導体レーザの波長を、赤、青、緑の各色に対応する波長に選び、それぞれに同様の構造からなるレーザ光源を用意することにより、フルカラーの2次元画像形成装置を実現することができる。また、紫外光波長域の半導体レーザを用いることにより、高出力かつ均一照明が必要な半導体露光装置等への応用も可能である。

【産業上の利用可能性】

【0022】

本発明は、高出力かつ均一な強度分布を有するレーザ光源に関するものであり、高出力照明やレーザアシスト加工などに適用可能である。また、テレビ受像機、映像プロジェクタなどの画像表示装置や、半導体露光装置などの画像形成装置にも適用可能である。

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】本発明実施の形態1における、複数の半導体レーザからなるレーザアレイと導波管を一体化したレーザ光源の一例を示す図

【図2】本発明実施の形態1における、複数の半導体レーザから導波管に入射されたレーザ光の、導波管の任意の断面における光強度分布の変化を模式的に示す図

【図3】本発明実施の形態1における、スタック状に配置したレーザアレイと導波管を一体化したレーザ光源の一例を示す図

【図4】本発明実施の形態1における、単一の半導体レーザと導波管を用いた場合の、導波管内のレーザ光伝搬光路を幾何光学的に示した図

【図5】(a)本発明実施の形態1における、単一の半導体レーザが自由空間にある場合(導波管が存在しない場合)の、自由空間中を伝搬するレーザ光の強度分布の様子を示す図(b)本発明実施の形態1における、単一の半導体レーザと導波管を用いた場合の、導波管側壁による光強度分布の反射と、折り返して重ねられた光強度分布の様子を示す図(c)本発明実施の形態1における、単一の半導体レーザと導波管を用いた場合の、導波管側壁による光強度分布の反射により実際に重ね合わされたときの光強度分布を示す図

【図6】(a)本発明実施の形態1における、複数のレーザアレイと導波管を一体化したレーザ光源の導波管内のレーザ光伝搬光路を幾何光学的に示した図(b)本発明実施の形態1における、スタック状に配置したレーザアレイと導波管を一体化したレーザ光源の導波管内のレーザ光伝搬光路を幾何光学的に示した図

【図7】本発明実施の形態2における、断面光強度分布が均一化されたレーザ光源と、空間光変調器とを有する照明光学系の一例を示す図

【図8】本発明実施の形態2における、断面光強度分布が均一化されたレーザ光源と、空間光変調器とを有する照明光学系に加え、投影光学系を備えた2次元画像形成装置の一例を示す図

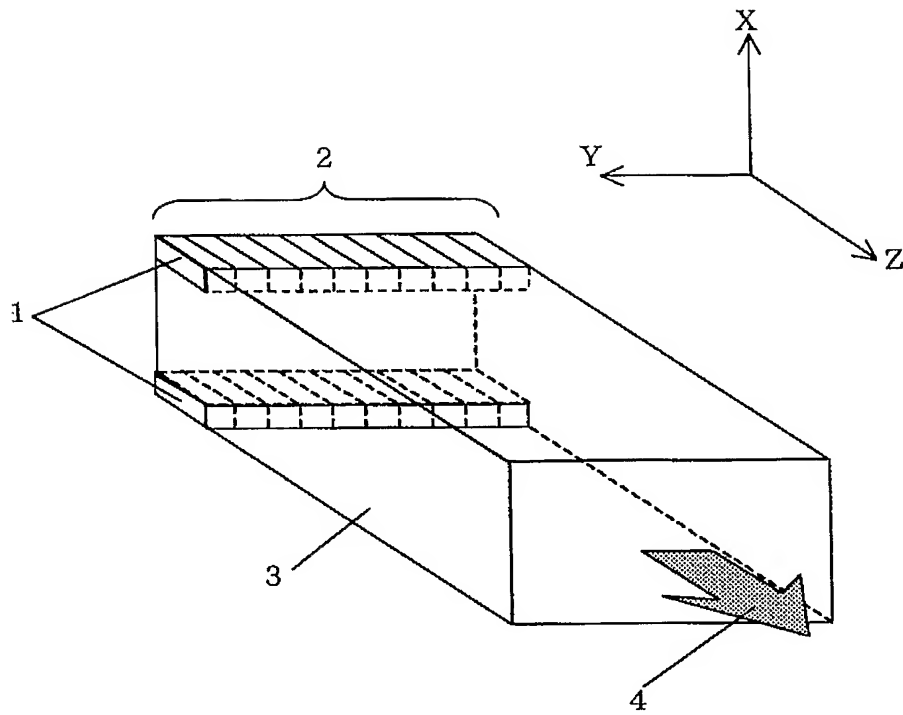
【符号の説明】

【0024】

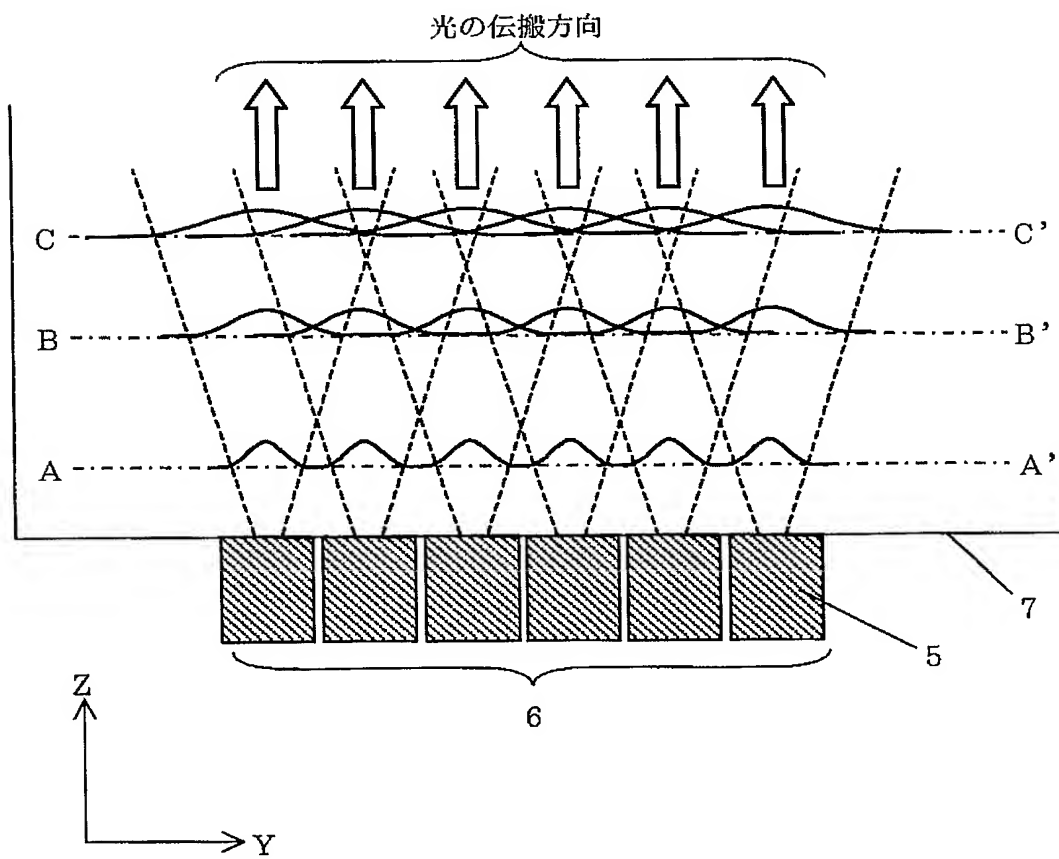
- | | |
|----------------------|--------|
| 1, 5, 8, 12, 14, 16 | 半導体レーザ |
| 2, 6, 9 | レーザアレイ |
| 3, 7, 10, 13, 15, 17 | 導波管 |
| 4, 11 | 出射光 |
| 18 | レンズ |
| 19 | 液晶パネル |
| 20, 21, 24 | レーザ光 |
| 22 | 照明光学系 |
| 23 | 投影レンズ |

【書類名】 図面

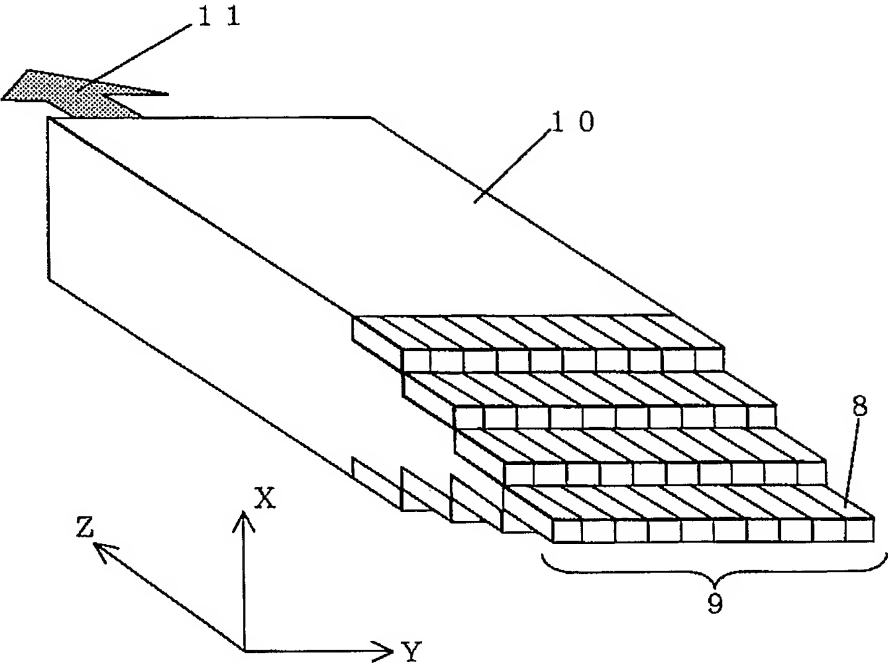
【図 1】



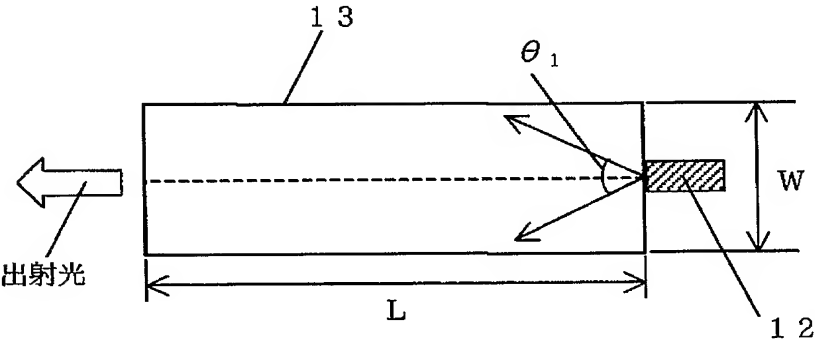
【図 2】



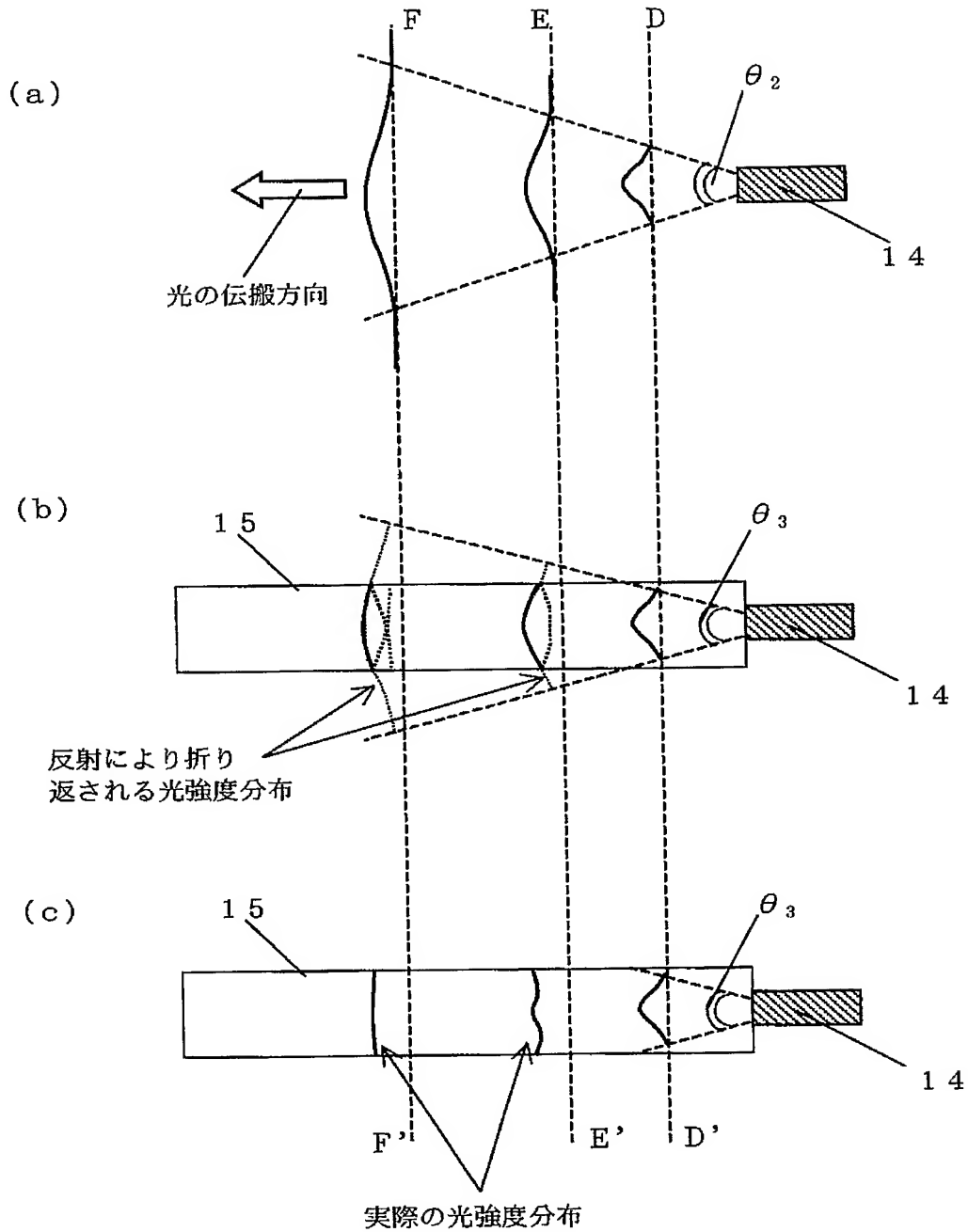
【図 3】



【図 4】

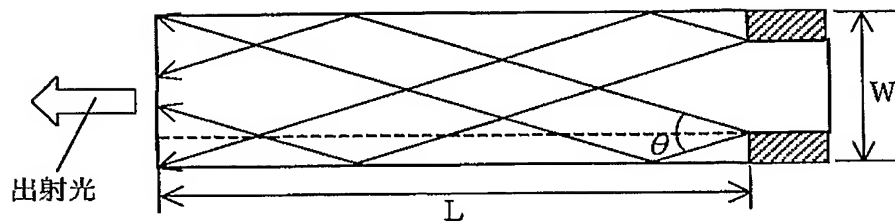


【図 5】

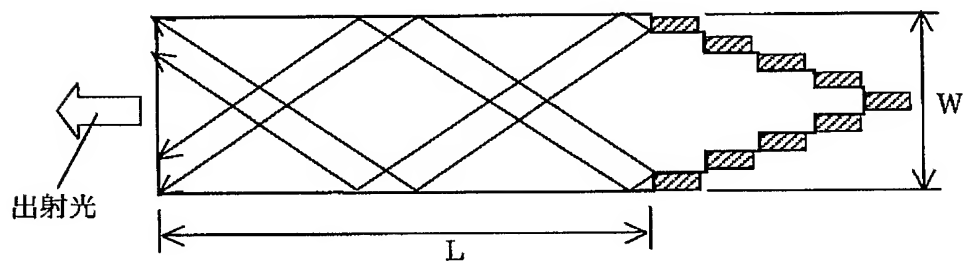


【図 6】

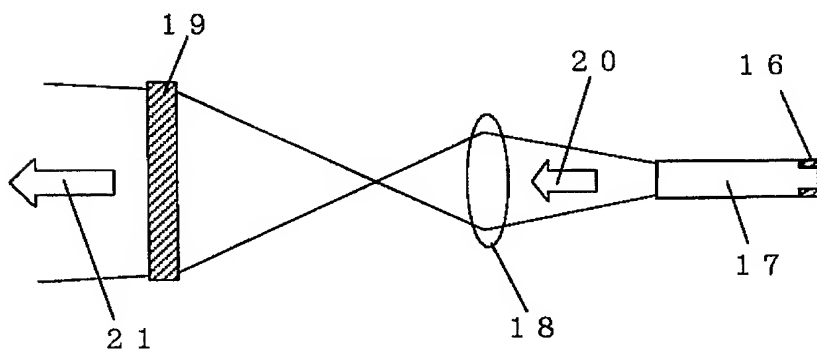
(a)



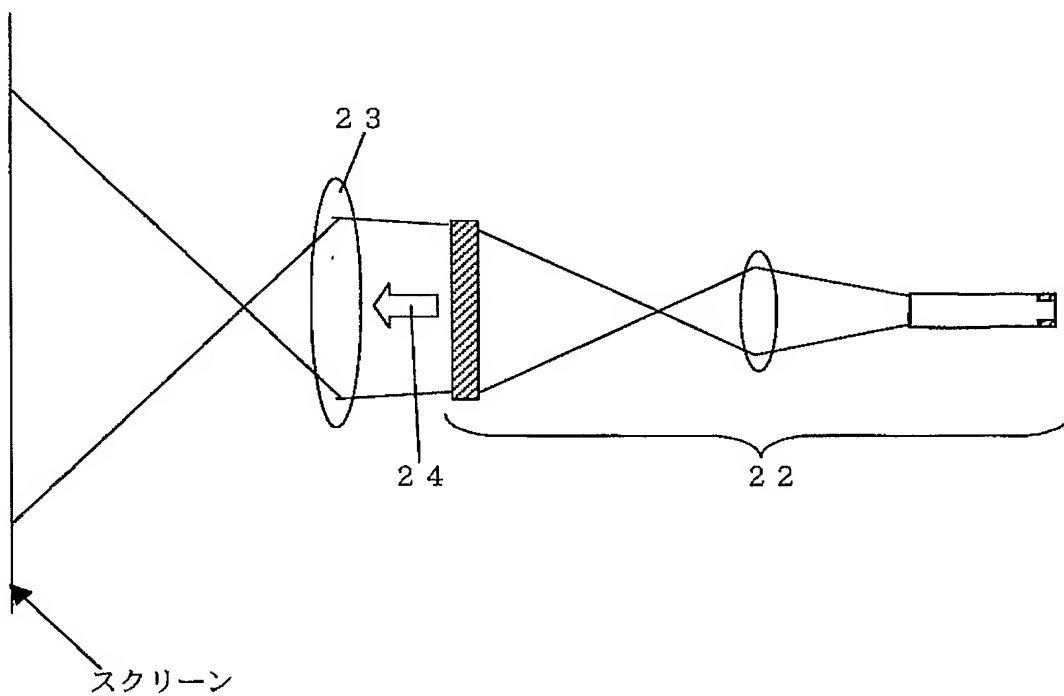
(b)



【図 7】



【図 8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 高出力光源、特に高出力レーザ光源において、均一な断面光強度分布を有することを目的とする。

【解決手段】 複数の半導体レーザと、導波管とを備え、導波管内もしくは導波管と接する位置に半導体レーザが配置され、半導体レーザからの出射光が、導波管の片方の端面もしくは中間から導波管に入射され、入射端面と異なる導波管端面から出射されることを特徴とするレーザ光源である。また、上記レーザ光源と空間光変調手段とを備えた照明光学系および2次元画像形成装置である。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 4 1 1 4 4 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 5 8 2 1]

1 . 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 2 8 日

[変更理由] 新規登録

住 所 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地

氏 名 松下電器産業株式会社